

(19)日本国特許庁（J P）

(12) 公 開 特 許 公 報 （A）

(11)特許出願公開番号

特開平9－133932

(43)公開日 平成9年(1997)5月20日

(51)Int.Cl.⁶
G 0 2 F 1/313

識別記号 庁内整理番号

F I
G 0 2 F 1/313

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数4 O L （全 8 頁）

(21)出願番号 特願平7－289566

(22)出願日 平成7年(1995)11月8日

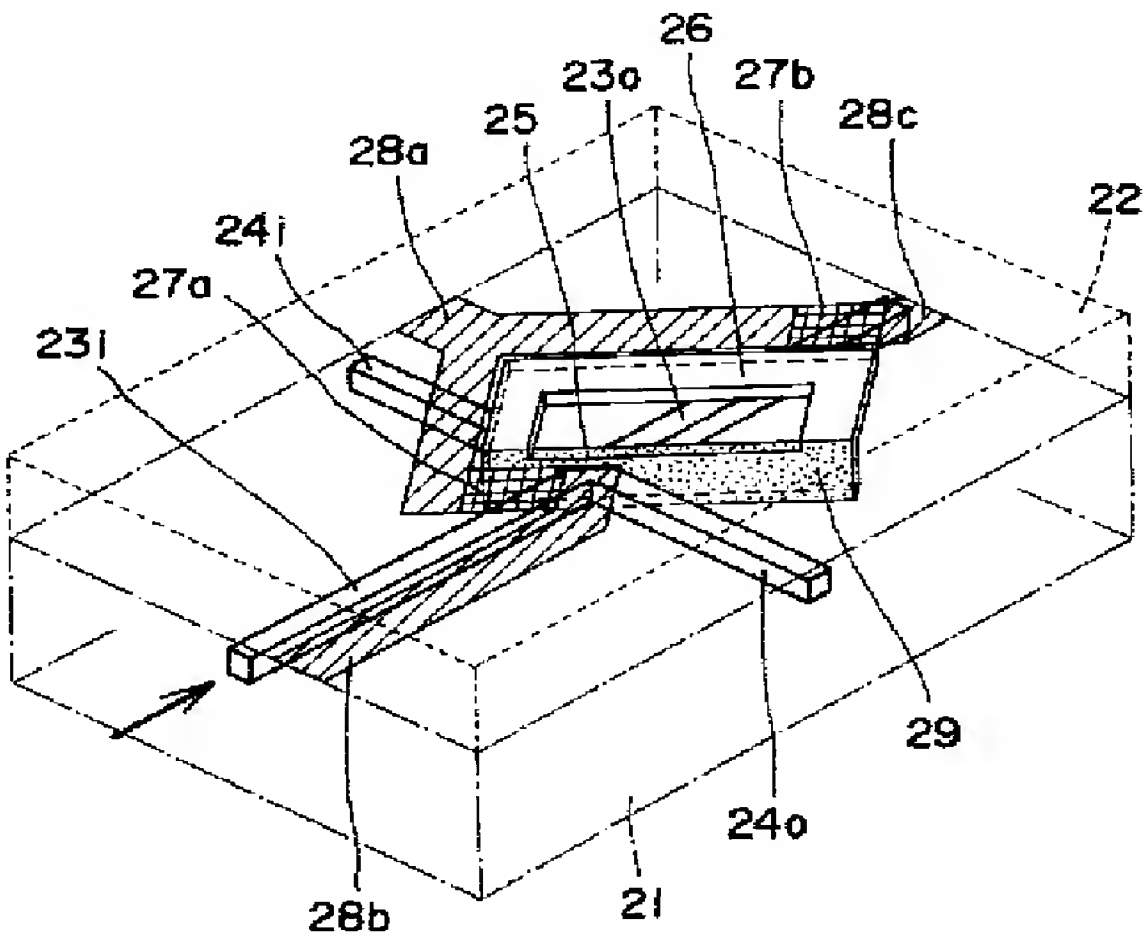
(71)出願人 000004226
日本電信電話株式会社
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号
(72)発明者 牧原 光宏
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内
(72)発明者 西田 安秀
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内
(72)発明者 下川 房男
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内
(74)代理人 弁理士 光石 俊郎 （外2名）
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光スイッチ

(57)【要約】

【課題】 光通信システム等における光路設定・切替に用いられる光スイッチを提供する。

【解決手段】 基板中で互いに交差しない光導波路23i, 23oおよび互いに交差しない光導波路24i, 24oが互いに交差し、各交差点部に前記光導波路の光軸と所定の角度を成す壁面をもつ管路25と、前記管路25内の一部に封入された前記光導波路の屈折率に近似した屈折率を持つ光学的に透明な液体としての屈折率整合液29、および、前記管路25近傍を発熱するヒーター27a, 27bを有し、何れかのヒーターの加熱により管路25内の屈折率整合液29を移動させ、光導波路を伝搬する光の光路を安定且つ円滑に切替える。



- 21 埋め込み型光導波路基板
- 22 上部基板
- 23i, 23o, 24i, 24o 光導波路
- 25 光導波路の光軸と所定の角度を成す壁面をもつ管路
- 26 管路25の両端をつなぐ管路
- 27a, 27b ヒーター
- 28a, 28b, 28c 電気配線
- 29 屈折率整合液

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板中で互いに交差しないm本の光導波路および互いに交差しないn本の光導波路が互いに交差し、各交差点部に前記光導波路の光軸と所定の角度を成す壁面をもつ管路と、前記管路内の一部に封入された前記光導波路の屈折率に近似した屈折率を持つ光学的に透明な液体、および、前記管路近傍に発熱する手段を有することを特徴とした光スイッチ。

【請求項2】 請求項1記載の光スイッチにおいて、前記管路は管路幅の狭い部分を2カ所以上、管路幅の広い部分を1カ所以上備え、該管路の両端はより管路幅の広い別の管路に挟まれて形成され、液体が連続して管路幅の狭い部分の1カ所以上と管路幅の広い部分の一部に存在することを特徴とする光スイッチ。

【請求項3】 請求項1又は2記載の光スイッチにおいて、前記管路がリング状管路であることを特徴とする光スイッチ。

【請求項4】 請求項1乃至3記載の光スイッチにおいて、前記発熱する手段として、管路付近の2カ所にヒーターとダイオードを有することを特徴とする光スイッチ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信システム等における光路設定・切替に用いられる光スイッチに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来から基板中に設けられた互いに交差する光導波路の交差点に光導波路の光軸と所定の角度を成す溝に、光を透過・反射させる部品を設置することによりm×nのマトリクス光スイッチを実現する方法が提案されている。例えば、「Bistatable optical swiching using electrochemically generated bubbles」(Optics letters/Vol.15, No.24/December 15, 1990)では、光導波路の交差点の溝に光導波路のコア部の屈折率に近似させた屈折率を持つ水溶液を充填し、この水を電気分解して気泡を発生させることにより光を反射させ、触媒によって気泡を再び水に戻すことによって光を透過させる。このように気泡を発生・消滅することでマトリクス光スイッチを実現する方法が提案されている。

【0003】このほかにも、「光スイッチおよび光スイッチアレイ」(特開平6-175052号公報)に開示されたものがある。

【0004】図9は開示された従来例の構造であり、基板10の表層部に光導波路1, 3および、これら光導波路1, 3に直交する光導波路2が形成されている。更に、これらの光軸の交点において、上記光導波路1, 3をそれぞれ遮断する深さを有し、かつ、光導波路1の光信号を光導波路2へ反射させるような方向の壁面を有す

る溝4が形成されている。そして、上方より溝4の開口を塞ぐようにガラス板11が接着剤により基板10と固定されている。また、この溝の長手方向の両端には白金電極5が配置され、この電極5には金の蒸着配線51が接続されている。また、溝4中の長手方向の中央部には水銀6が封入され、この水銀6を挟んで電解質溶液7が封入されている。そして、電極5, 5間に電圧を駆けて電解質溶液7と水銀6との界面張力を変化させることで、水銀6を溝4の長手方向に移動させている。水銀6が光導波路交差点にある場合、光は水銀6によって反射され、水銀6がない場合、光は溝4を透過する。このように従来では、水銀6を移動させることで、マトリクス光スイッチを実現するようにしている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来から提案されている光スイッチには、製造性、信頼性および性能に関し、いくつかの課題が残されていた。

【0006】例えば、屈折率整合液中に気泡を発生・消滅させる方式は、気泡の発生・消滅という物理・化学的な現象を利用しているため、気泡の発生・消滅を安定して行うのは難しく信頼性に問題があった。さらに、屈折率整合液の水溶液で作製するため光の吸収が生じ損失が増大する。

【0007】また、水銀駆動方式は、水銀6をミラーとして使用しているため反射時に吸収が発生し損失が増大し、光が透過する際も電解質溶液7を使用しているため光の吸収が起こり、損失が増大する。

【0008】さらに、前記の密閉構造で水銀6を駆動させるためには電解質溶液7と水銀6の入れ替わりが必要であり、動作が不安定となる。

【0009】これを抑制するために溝長手方向両端に空気等を封入した液溜を形成したものが記載されているが消費電力は大きく、スイッチング速度も遅い。また、透過時の損失を減少させるためには溝の幅を狭くして光導波路の欠落を少なくする必要がある、そのような狭小溝に表面張力の大きな水銀を安定して封入することは製造上困難であった。

【0010】本発明は、前記従来技術の問題点に鑑み、製造性、信頼性および挿入損失等の性能で優れた光スイッチを実現することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成する本発明に係る光スイッチは、基板中で互いに交差しないm本の光導波路と互いに交差しないn本の光導波路とが互いに交差し、各交差点部に前記光導波路の光軸と所定の角度を成す壁面を持つ管路と、前記管路内の一部に封入された前記光導波路の屈折率に近似した屈折率を持ち光学的に透明な液体、および、発熱する手段を管路付近に有することを特徴とする。

【0012】前記光スイッチにおいて、前記管路が、管

路幅の狭い部分を2カ所以上と、管路幅の広い部分を1カ所以上が別の管路幅のより広い部分に挟まれるように形成され、前記液体が連続して管路幅の狭い部分の1カ所以上と管路幅の広い部分の一部に存在することを特徴とする。

【0013】前記光スイッチにおいて、前記管路がリング状管路であることを特徴とする。

【0014】前記光スイッチにおいて、前記発熱する手段として、管路付近の2カ所にヒーターとダイオードを有することを特徴とする。

【0015】前記構成の光スイッチによれば、有した発熱手段によって光導波路の交差点部の管路に封入された光導波路の屈折率に近似した屈折率を持つ光学的に透明な液体を交差点部で安定かつ円滑に移動させることができ、光導波路を伝搬する光の光路を安定かつ円滑に切り替えることができる。

【0016】また、本発明では、光導波路交差部での屈折率整合液の移動によって光を透過させたり全反射させたりすることによって光路を切り替えているため低損失な光スイッチを実現できる。

【0017】さらに、本構成では、狭小溝に電解質溶液や表面張力の大きな水銀等、2種類の液体を封入する製造工程を必要としないため光スイッチの製造が容易になる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【0019】(第1の実施の形態：光スイッチの基本構造と動作) 図1、図2は、本発明の第1の実施の形態を示す図であり、光スイッチの基本構造とスイッチング動作を示す。図中、21は埋め込み型光導波路基板、22は上部基板、23i、23oは横方向(基板長手方向)の光導波路、24i、24oは縦方向の光導波路、25は光導波路の光軸と所定の角度を成す壁面をもつ管路、26は管路25の両端をつなぐ管路、27a、27bはヒーター、28a、28b、28cは電気配線、29は屈折率整合液を各々図示する。

【0020】図1において埋め込み型光導波路基板21中には横方向の光導波路23i、23oと縦方向の光導波路24i、24oとが互いに交差し、その交差点部には光導波路の光軸と所定の角度を成す壁面をもつ溝が形成され、上部基板22にはコの字型の溝やヒーター27a、27b、電気配線28a、28b、28cがその周囲に形成されている。そして、埋め込み型光導波路基板21の溝に設けられた管路25内に、光導波路23i、23o、24i、24oの屈折率に近似した屈折率を持つ光学的に透明な液体である屈折率整合液29を注入後、上部基板22と張り合わせることによって、光導波路の光軸と所定の角度を成す壁面をもつ管路25と管路25の両端をつなぐリング管路26が形成される。

【0021】次に図1、2を用いて光路の切替動作について説明する。光導波路の交差部に屈折率整合液29が存在する場合(図1参照)、光導波路23iを伝搬してきた光は管路25を透過して光導波路23oを伝搬していく。また、光導波路の交差部に屈折率整合液29が存在しない場合(図2参照)、光導波路23iを伝搬してきた光は、管路25の壁面で全反射し、光導波路24oを伝搬していく。このように光導波路交差部で屈折率整合液29のある状態とない状態とを形成させることによって、光路を切り替えることができる。この光導波路交差部における屈折率整合液の有無の状態はリング状管路26内に封入された屈折率整合液29を、該リング状管路26内で移動させることによって創出することができる。

【0022】図1において、電気配線28a、28b間に電圧をかけることによってヒーター27aのみを発熱させ、屈折率整合液29のメニスカス付近を加熱すると物質のもつ界面張力が低下し、屈折率整合液29両端のメニスカスで発生していた毛細管力の釣り合いがくずれ、屈折率整合液29はリング管路内を発熱していないヒーター27bの方へ移動し、図1の状態から図2の状態に変わる。移動後、ヒーター27aへの電力供給をやめると一部で温度上昇していたところは周りから冷やされて再び毛細管力が釣り合うようになり移動した状態を保持する。同様に図2において電気配線28a、28c間に電圧をかけてヒーター27bを発熱させると屈折率整合液29はリング管路26内を発熱していないヒーター27aの方へ移動し、図2の状態から図1の状態にもどる。このように屈折率整合液29のメニスカス部を加熱することによってリング状管路26内を移動させることができ、光路を切り替えを容易に実現できる。

【0023】一般に液体29は加熱することによって表面張力が低下するため、本光スイッチは、例えばシリコンオイルなど光導波路の屈折率に近似した屈折率を持ち、光の吸収が極めて低い光学的に透明な液体を用いることができるため低損失な光スイッチを実現できる。

【0024】本実施の形態では、リング状管路26内に液体29を密閉した場合を示したが、光導波路の光軸と所定の角度を成す壁面をもつ管路の両端を開放した場合も、同様のスイッチングが可能である。ただし、蒸発等の問題が考えられるので考慮する。また、光導波路の光軸と所定の角度を成す壁面をもつ管路の両端を閉じた場合においても、スイッチングは可能である。なお、管路を閉じた場合は、液体と気体の入れ替わりが必要になるため動作が遅くなったり不安定になったりする。

【0025】また、本実施の形態では、液体をリング状管路内で往復移動させるために2つのヒーターをリング状管路付近に設置したが、ヒーターを一つとした場合でも液体の往復移動は可能である。例えば、リング状管路の管路幅を連続的に変化させた部分を作ればよい。ヒ-

ターで液体の片方のメニスカス部を加熱すると液体両端のメニスカスで働く毛細管力の釣り合いがくずれ液体は管路内を移動する。ここで、毛細管力は管路幅に反比例するため、両端の毛細管力が釣り合う管路幅のところで止まる。加熱をやめると温度上昇していたところは周りから冷やされ、物質のもつ界面張力は元の値に戻る。液体両端での毛細管力は管路幅の違いにより釣り合っていたが、物質のもつ界面張力が元の値に戻ることにによって毛細管力の釣り合いがくずれ、加熱する前の位置に液体は再び移動する。但し、この場合には、光スイッチの自己保持性はなくなる。

【0026】(第2の実施の形態：管路幅の変化) 図3, 4は、本発明の第2の実施の形態を示す図であり、図3は図4のリング状管路を模倣的に直線的に示したものであり(XX部で切離し、直線的に展開した図)、図4は光導波路交差部の平面図を示す。図中、23i, 23oは横方向の光導波路、24i, 24oは縦方向の光導波路、25は光導波路の光軸と所定の角度を成す壁面をもつ管路、26は管路25の両端をつなぐ管路、27a, 27bはヒーター、29は屈折率整合液、30は模倣的なリング状管路を示す。

【0027】図3に示すように、このリング状管路30では、屈折率整合液29の移動区間両端における管路55の幅が液移動区間Lの管路幅より大きくなるように形成され、さらに液移動区間内に存在する屈折率整合液29のメニスカス部における管路51, 53の幅はそれに隣接した管路50, 52, 54の幅より大きくかつ管路55の幅より小さくなるように形成されている。

【0028】屈折率整合液29の端部で発生する毛細管力は、管路幅に反比例するため図3に示す2つの管路51, 53の位置で屈折率整合液29は安定する。そして、リング状管路の管路幅が一定の場合、液体は外部からの衝撃等によって移動したり、加熱によって液体を移動させるときに移動位置にばらつきが生じたりするため、スイッチング状態の保持に対する信頼性やスイッチングの安定性が低下する。しかし、管路幅を変化させることによって外部からの衝撃に強くなり、かつ、安定した液体の移動を行うことができるようになるため、スイッチング状態の保持に対する信頼性やスイッチングの安定性が向上する。

【0029】(第3の実施の形態：回路の構成) 図5, 6は、本発明の第3の実施の形態を示す図であり、図5は光導波路交差部におけるヒーター回路構成を示し、図6は3×3のマトリクス構成にしたヒーターの回路を示したものである。図中、31は光導波路各交差部のヒーター装置、32a, 32bはヒーター、33a, 33bはダイオード、34a, 34bは電気配線、35a~35cは下層電気配線、36i~36kは上層電気配線、37ai~37ckは光導波路各交差部のヒーター装置、38ai~32ckは電気配線を示す。

【0030】本発明は、図5に示すように液体を加熱する手段としてリング状管路付近の2カ所に設けられたヒーター32a, 32bのそれぞれに極性が異なるようにダイオード34a, 34bを直列に接続し、それらを並列接続した構成からなる。このような回路構成にすることによって電気配線34a, 34b間に流す電流の向きを制御することによって発熱するヒーターを替えることができる。たとえば、電気配線34aから電気配線34bの方向に電流を流した場合、ヒーター32aを発熱させることができる。

【0031】図1, 2で示したヒーターの回路構成では電力を供給するための電気配線が光導波路交差部1つにあたり3本必要となる。そのため、光導波路をm×nのマトリクス構成にし、すべての光導波路交差部に液体を駆動するためのヒーターを図1, 2に示したように設けた場合、電力を供給するために3mn本の電気配線が必要になる。そのためスイッチの規模を大きくしようとした場合、電力を供給するための電気配線が占める空間が非常に大きくなり、スイッチが大型化してしまう。

【0032】そこで、図6に示す回路を各光導波路交差部に設け、図6に示すように下層電気配線35a~35cと上層電気配線36i~36kの二層配線によって電力を供給できるように回路を構成すれば、電気配線の本数をm+n本と大幅に減少できる。本構成では、例えば、光導波路交差部のヒーター装置37akを駆動させたい場合は、35a, 36k間に電圧を加えその間に流れる電流の向きを制御することで液体の駆動を制御できる。

【0033】(第4の実施の形態：光スイッチの構成) 図7, 8は、本発明の第4の実施の形態を示す図であり、図7は予備系切替装置等に用いられる8+1光スイッチを示し、図8は3×3光スイッチを示したものである。図中、40a~40h, 41a~41h, 42, 42i~42kは光ファイバ、43は埋め込み型光導波路基板、44a~44h, 45, 45i~45kは光導波路、46a~46h, 46ai~46ckは各光導波路の光軸と所定の角度を成す壁面を持つ管路、47a~47h, 47ai~47ckは光導波路各交差部の液体駆動装置を示す。

【0034】図7において、埋め込み型光導波路基板43には横方向の光導波路44a~44hと縦方向の光導波路45が互いに交差し、その交差点部には光導波路の光軸と所定の角度を壁面を持つ管路46a~46hが形成されている。その管路46a~46hには本発明の液体駆動装置47a~47hが設けられており、光導波路44a~44h, 45には光ファイバ40a~40h, 41a~41h, 42がそれぞれ接続されている。

【0035】図7に示す光スイッチは予備系切替装置等に用いられ、光ファイバ41a~41h, 42には光信号処理回路等が接続される。通常は光ファイバ40a, 41a間のように管路で光が透過するような形で光信号

のやりとりが行われるが、光信号処理回路が故障した場合、例えば、41eに接続された光信号処理回路が故障した場合は、液体駆動装置47eを動作させ管路46eでの光の伝搬状態を透過から全反射に切り替えることによって光ファイバ40e、41e間で行われていた光信号のやりとりを、光ファイバ40e、42間で行えるように切り替えることができ、光ファイバ42に接続された予備の光信号処理回路との接続が可能となる。

【0036】また、図8に示す光スイッチでは、埋め込み型光導波路基板43に横方向の光導波路44a～44cと縦方向の光導波路45i～45kが互いに交差し、光導波路の光軸と所定の角度を成す管路46ai～46ckが各交差点部に形成されている。その管路46ai～46ckには本発明の液体駆動装置47ai～47ckが設けられており、光導波路44a～44c、45i～45kには光ファイバ40a～40c、42i～42kがそれぞれ接続されている。

【0037】図7に示した光スイッチと同様に、液体駆動装置47ai～47ckを動作させ、管路での光の伝搬状態を透過または全反射に切り替えることによって光ファイバ40a～40cと光ファイバ42i～42kを

【0038】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光スイッチによれば、気泡の発生・消滅といった不安定な現象や光の吸収が生じる水銀や水溶液等材料を用いずに光スイッチを構成することができるため、信頼性の高く低損失な光スイッチを実現できる。

【0039】また、製造面からみても狭小溝に電解液や表面張力の大きな水銀等の2種類の液体を封入する製造工程を必要としないため光スイッチの製造が容易になる。

【0040】さらに、非常に小型であり外部からの衝撃に強い毛細管力を利用した自己保持機能を有し、外部からエネルギーを絶えず供給することなしにスイッチング状態を保持できるため、スイッチング状態の保持に対する信頼性が高く、経済的に優れた光スイッチを実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る第1の実施の形態の光スイッチの概略図である。

【図2】本発明に係る第1の実施の形態の光スイッチの概略図である。

【図3】本発明の第2の実施の形態の光スイッチの管路幅の概略図である。

【図4】本発明の第2の実施の形態の光スイッチの管路幅の平面図である。

【図5】本発明の第3の実施の形態のヒーター回路の概略図である。

【図6】本発明の第3の実施の形態の光スイッチの回路の概略図である。

【図7】本発明の第4の実施の形態の光スイッチの概略図である。

【図8】本発明の第4の実施の形態の光スイッチの概略図である。

【図9】従来の光スイッチの概略図である。

【符号の説明】

21 埋め込み型光導波路基板

22 上部基板

23i, 23o, 24i, 24o 光導波路

25 光導波路の光軸と所定の角度を成す壁面をもつ管路

26 管路25の両端をつなぐ管路

27a, 27b ヒーター

28a, 28b, 28c 電気配線

29 屈折率整合液

30 模擬的なリング状管路

31 ヒーター装置

32a, 32b ヒーター

33a, 33b ダイオード

34a, 34b 電気配線

35a～35c 下層電気配線

36i～36k 上層電気配線

37ai～37ck ヒーター装置

38ai～32ck 電気配線

40～40h, 41a～41h, 42, 42i～42k
光ファイバ

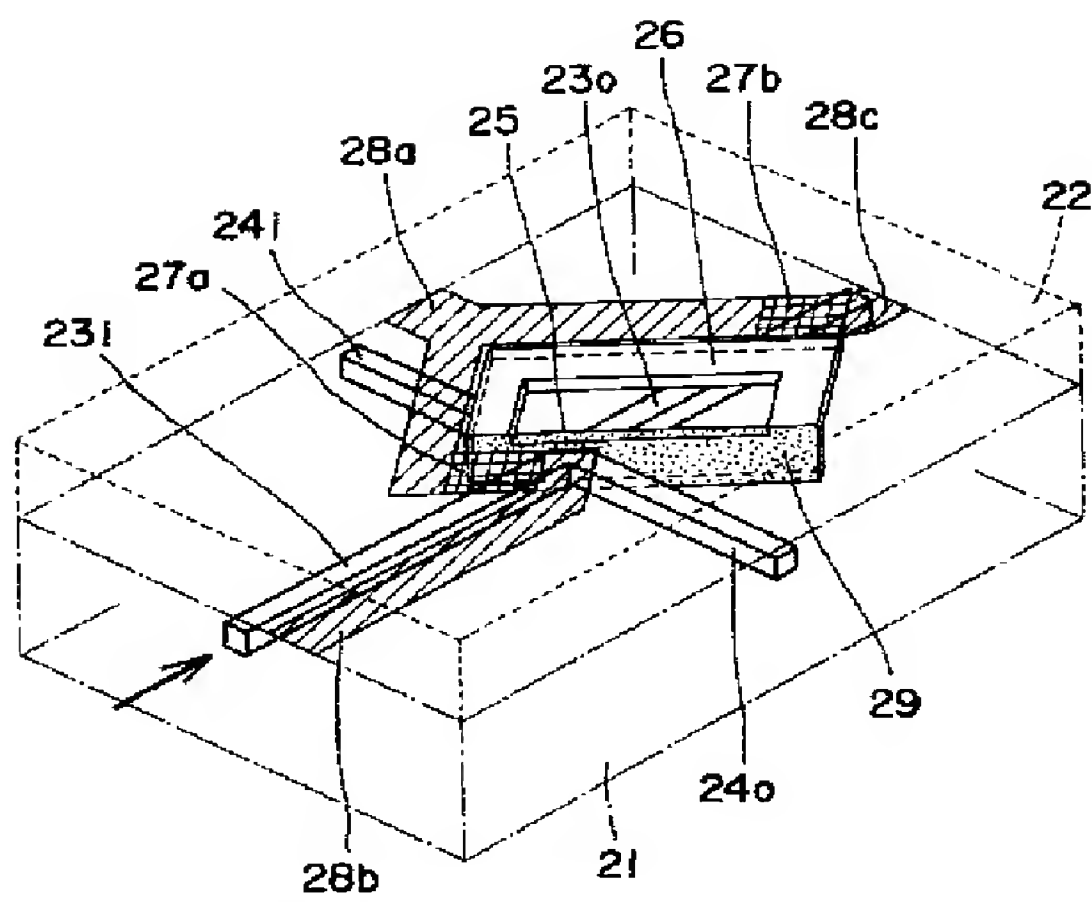
43 埋め込み型光導波路基板

44a～44h, 45, 45i～45k 光導波路

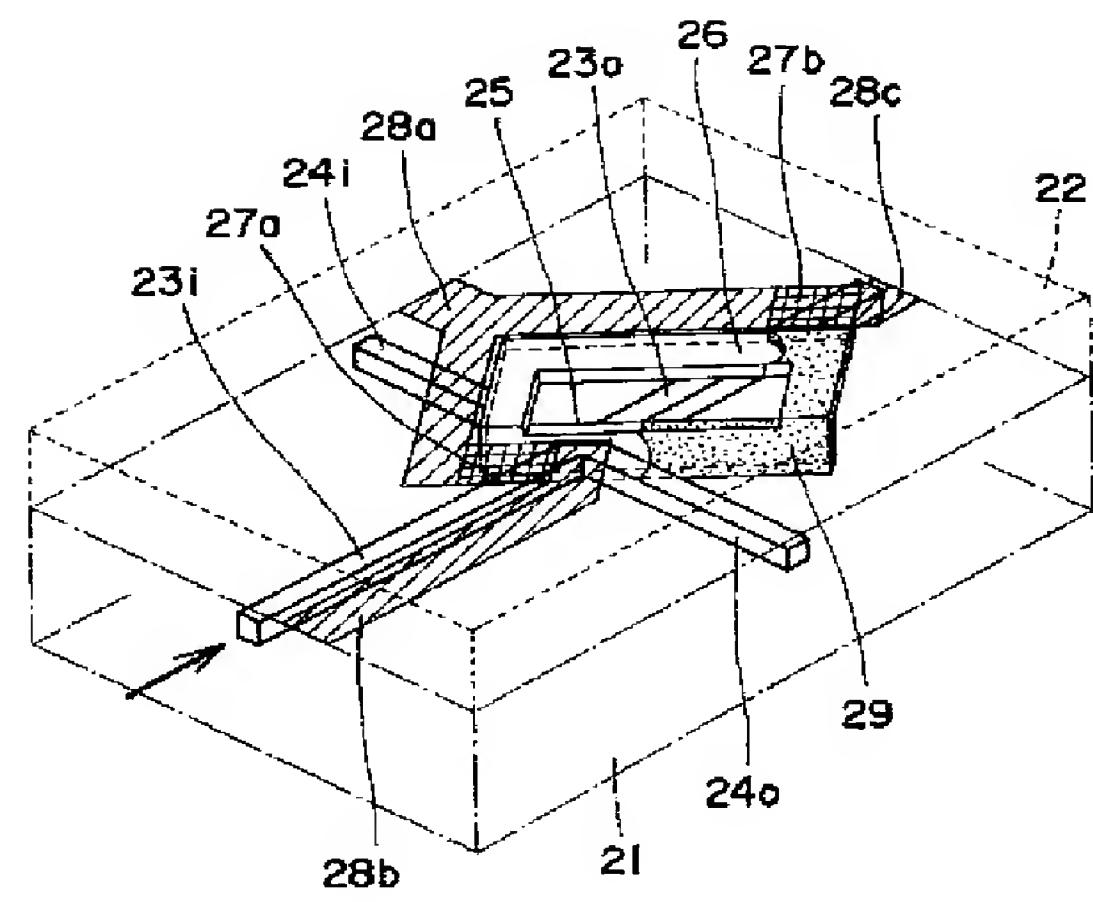
46a～46h, 46ai～46ck 管路

47a～47h, 47ai～47ck 液体駆動装置

【図1】



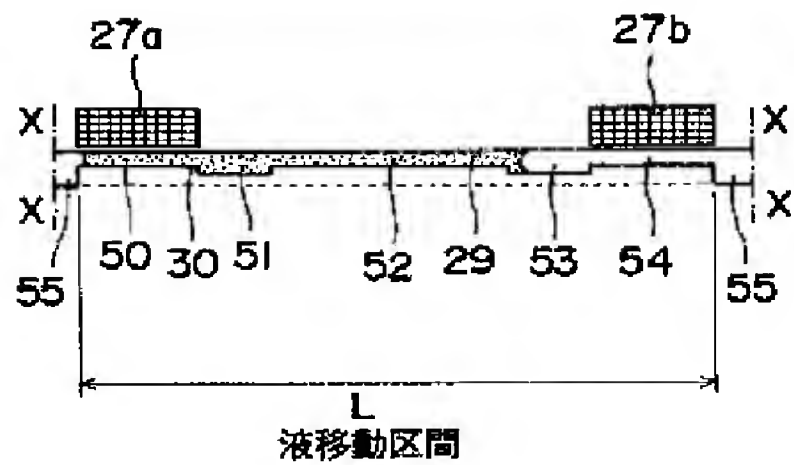
【図2】



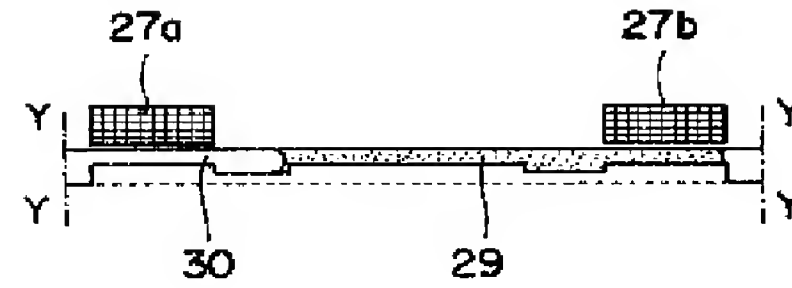
- 21 埋め込み型光導波路基板
 22 上部基板
 23i, 23o, 24i, 24o 光導波路
 25 光導波路の光軸と所定の角度を成す壁面をもつ管路
 26 管路25の両端をつなぐ管路
 27a, 27b ヒーター
 28a, 28b, 28c 電気配線
 29 屈折率整合液

【図3】

(a)

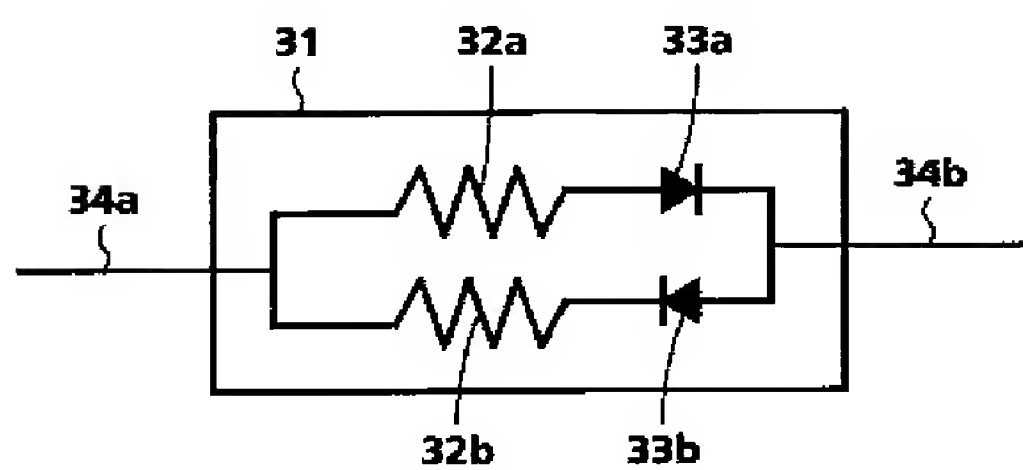


(b)

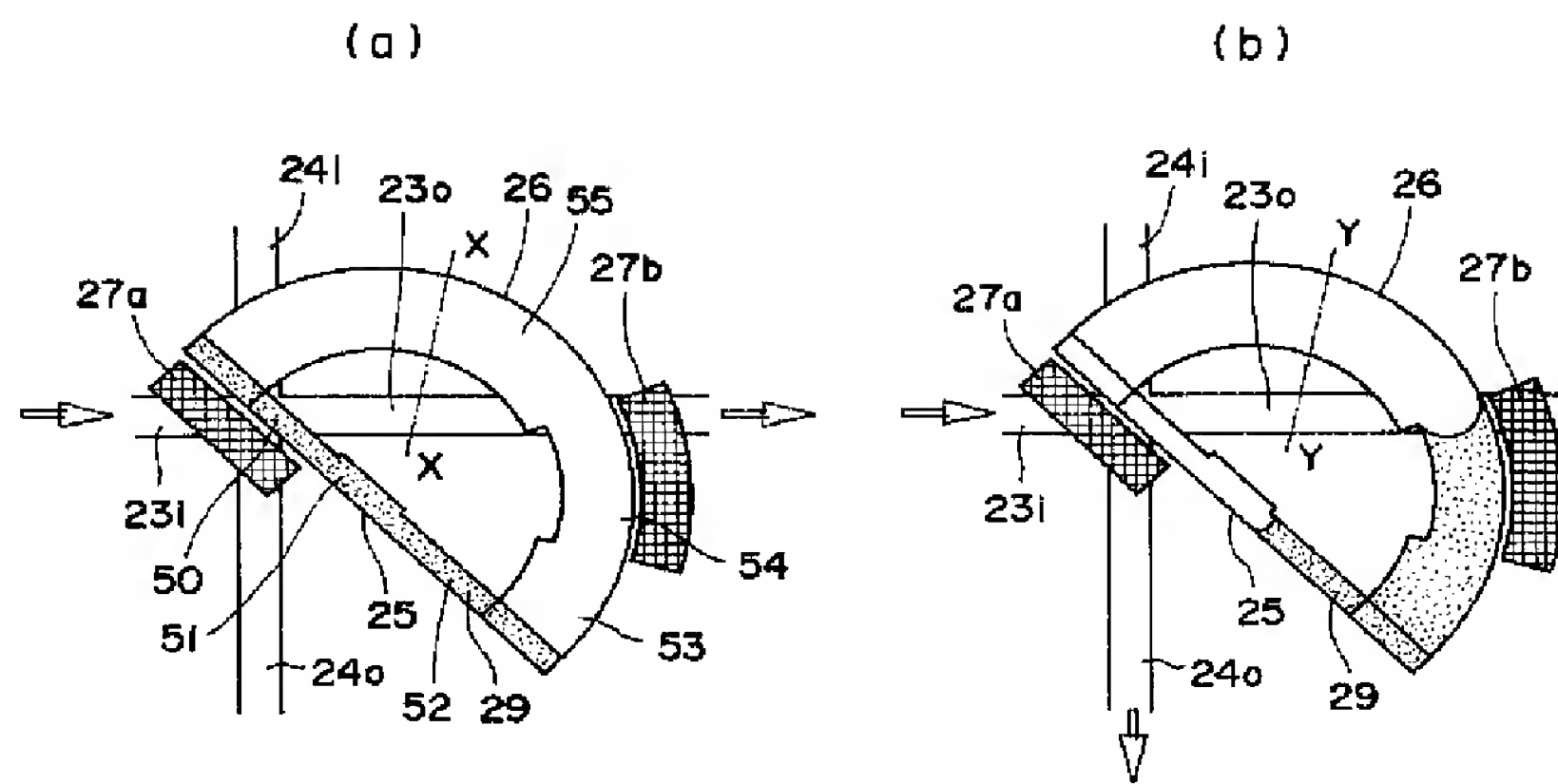


【図5】

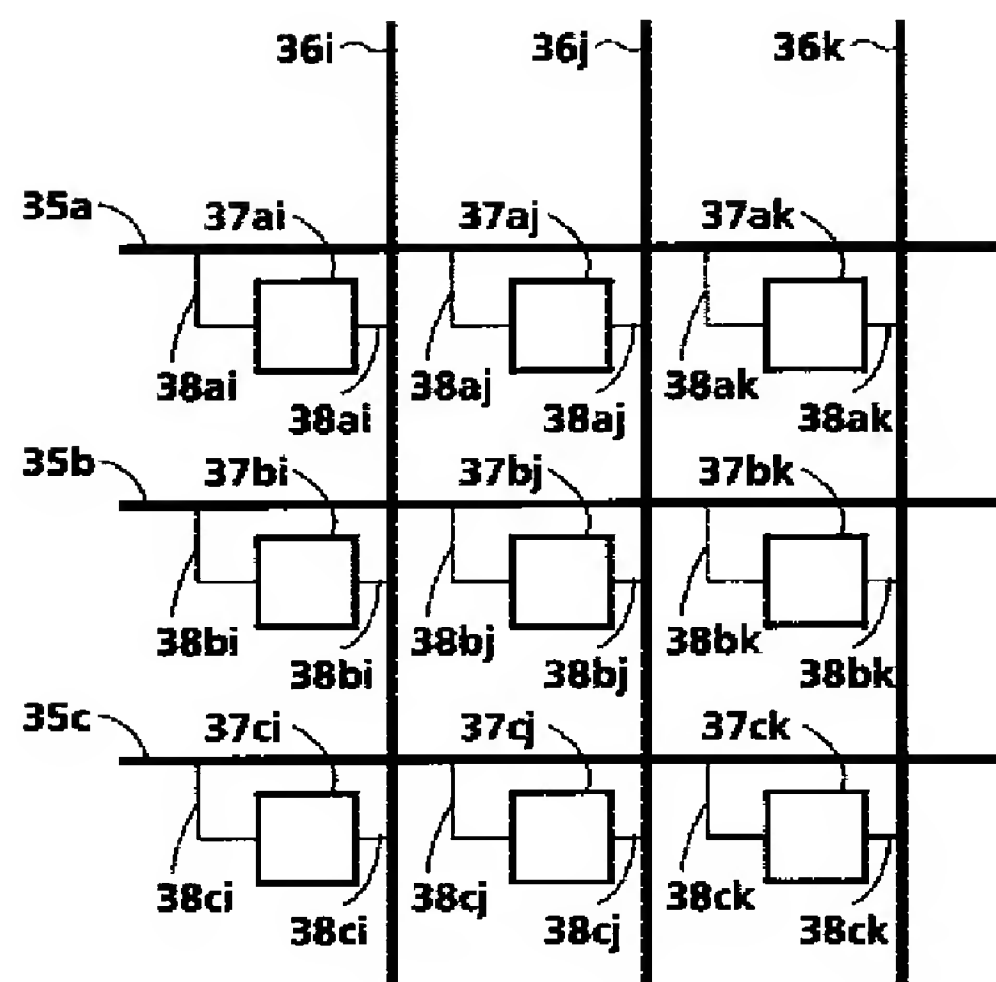
ヒーターの回路構成



【図 4】

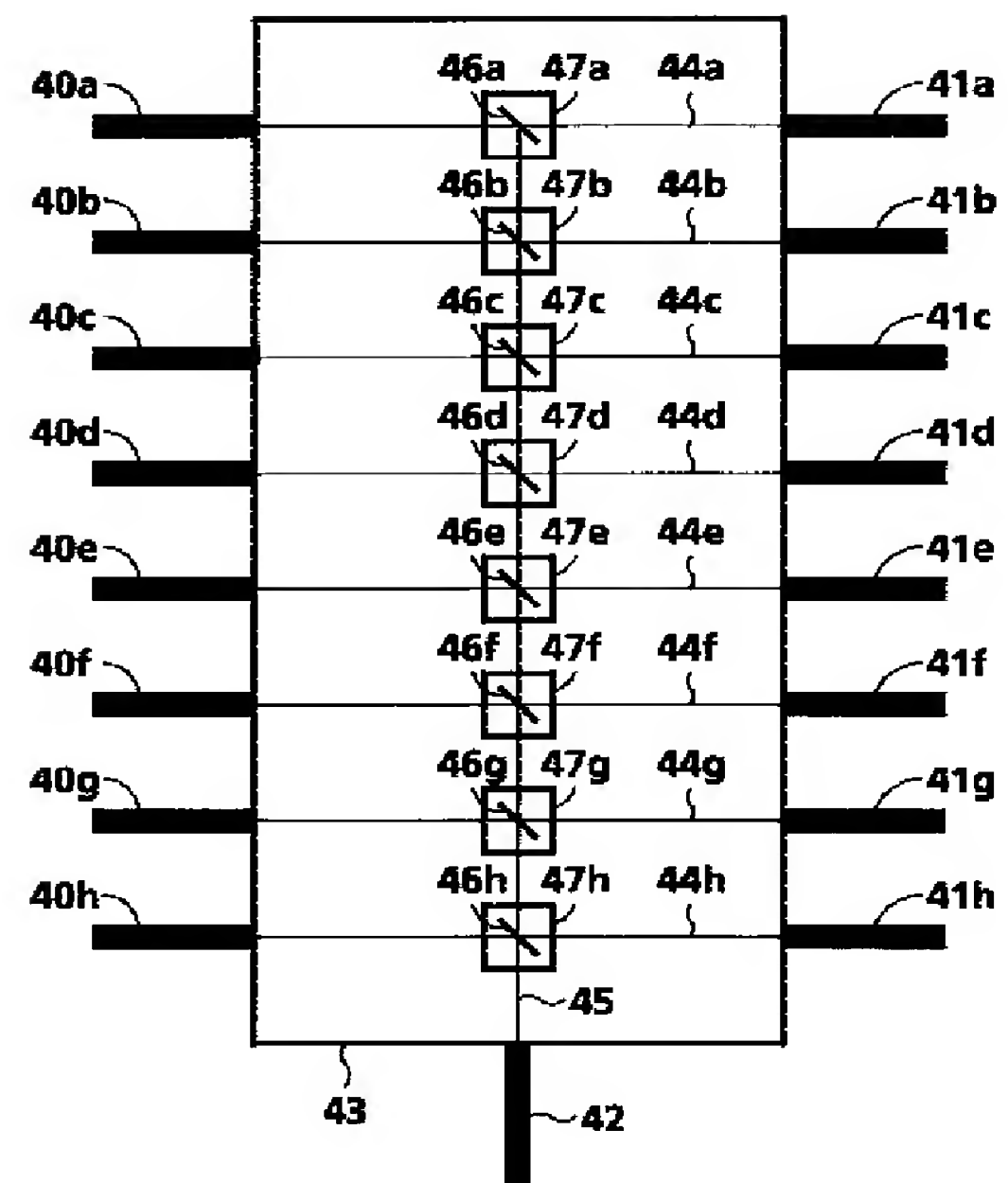


【図 6】



【図 7】

スイッチの構成例



PAT-NO: JP409133932A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09133932 A
TITLE: OPTICAL SWITCH
PUBN-DATE: May 20, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MAKIHARA, MITSUHIRO	
NISHIDA, YASUhide	
SHIMOKAWA, FUSAO	
HANAOKA, YORIKO	

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NIPPON TELEGR & TELEPH CORP	N/A

APPL-NO: JP07289566
APPL-DATE: November 8, 1995

INT-CL (IPC): G02F001/313

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an optical switch which is excellent in productivity, reliability, insertion loss, etc., by providing the intersected parts of optical waveguides with a pipeline sealed with a specific liquid and heating means.

SOLUTION: The optical waveguides 23i, 23o in a transverse direction and the optical waveguides 24i, 24o in a longitudinal direction are intersected with each other in a flush type optical waveguide substrate 21. Grooves having wall surfaces forming a prescribed angle with the optical axes of the optical waveguides are formed in the intersected parts. An upper substrate 22 is formed with grooves having a U shape, heaters 27a, 27b and electric wirings 28a to 28c on its circumference. A refractive index matching liquid 29 which is the optically transparent liquid having the refractive index approximate to the refractive index of the optical waveguides 23i, 23o, 24i, 24o is injected into the pipeline 25 disposed in the grooves of the optical waveguide substrate 21 and thereafter, this substrate is stuck to the upper substrate 22 to form the ring pipeline 26 connecting both ends of the pipeline 25 and the pipeline 25. The meniscus part of the refractive index matching liquid 29 is heated to move the liquid within the annular pipeline 26, by which the switching of the optical paths is easily embodied.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO